

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-341094

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl. H04L 27/22
H04B 1/10
H04B 1/76
H04B 7/26
H04J 13/00
H04L 7/10
H04L 25/08

(21)Application number : 10-146865

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.05.1998

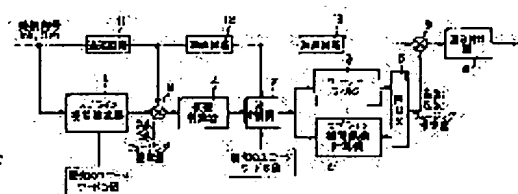
(72)Inventor : SUGITA NAOHIKO

(54) METHOD AND DEVICE FOR DEMODULATING RECEIVED SIGNAL INCLUDING PILOT SIGNAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To highly accurately estimate fading distortion even when high speed fading is generated on a transmission line and to obtain an excellent BER(bit error rate) without increasing operation volume.

SOLUTION: The demodulation device is provided with a spline interpolating estimator 1, a demodulator 8 for demodulating a received signal by a signal outputted from the estimator 1, a temporary hard decision device 2 for judging a demodulation signal by a binary signal, a reverse modulator 7 for detecting the fading distortion of data adjacent to a unique word by a binary signal and detecting fading distortion by a known unique word, a winer filter 3 for estimating the fading distortion of data of a center part based on a fading distortion signal, a spline coefficient calculator 4 for estimating the fading distortion of data on both end parts, a signal synthesizer 5 for synthesizing signals outputted from the filter 3 and the calculator 4, a demodulator 9 for demodulating a received signal by a signal from the synthesizer 5, and a weighting unit 6 for removing the time variation component of the fading distortion to minimize an error.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.05.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]	3289676
[Date of registration]	22.03.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-341094

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 4 L 27/22

H 0 4 L 27/22

D

H 0 4 B 1/10

H 0 4 B 1/10

M

1/76

1/76

7/26

H 0 4 L 7/10

H 0 4 J 13/00

25/08

Z

審査請求 有 請求項の数27 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平10-146865

(22)出願日

平成10年(1998)5月28日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 杉田 直彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

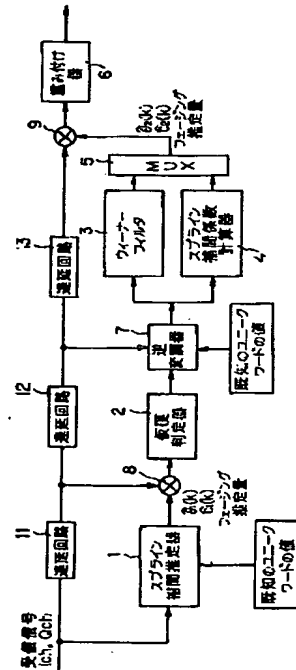
(74)代理人 弁理士 平田 忠雄

(54)【発明の名称】 パイロット信号を含む受信信号の復調方法及びその装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 伝送路上で高速フェージングが生じた場合でもフェージング歪を高精度で推定でき、演算量を増大しないで優れたBERを獲得できる。

【解決手段】 スプライン補間推定器1と、この信号によって受信信号を復調する復調器8と、復調信号を2値判定する仮判定器2と、2値信号によってユニークワードに隣接するデータのフェージング歪の検出と既知ユニークワードによってフェージング歪を検出する逆変調器7と、フェージング歪の信号に基づいて中央部のデータのフェージング歪を推定するウィナーフィルタ3と、両端部のデータのフェージング歪を推定するスプライン係数計算器4と、ウィナーフィルタ3及びスプライン係数計算器4からの信号を合成する信号合成器5と、信号合成器5からの信号によって受信信号を復調する復調器9と、誤差を最小にするためにフェージング歪の時間変動成分を除去する重み付け器6を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、

前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項2】前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップは、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップと、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出するステップと、前記抽出するステップで抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記フェージング歪を検出するステップを含む請求項1のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項3】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、BPSK (Binary Phase Shift Keying)で位相変調された前記所定のシンボル数のバースト信号をTDMA (Time Division Multiple Access)方式で受信するステップを含む請求項2のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項4】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、BPSKで位相変調された前記所定のシンボル数のバースト信号をCDMA (Code Division Multiple Access)方式で受信するステップを含む請求項2のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項5】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)で位相変調されたバースト信号をTDMA方式で受信するステップを含む請求項2のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項6】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、QPSKで位相変調されたバースト信号をCDMA方式で受信するステップを含む請求項2のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項7】前記スプライン補間曲線を演算するステップは、前記複数の区間のユニークワードのシンボル番号を X_i ($i=1, 2, 3, \dots$)とし、これに対応する関数値を $Y_i = F(X_i)$ とし、前記複数のユニークワードを通る近似関数を $f(x)$ とし、 $f(x)$ が連続する1階微分および2階微分を持ち、 $f(x) = F(X$

$i)$ を満足するものとし、隣接する2点を端点とする区間 $I_i = \{X_i, X(i+1)\}$ で3次の多項式 $P_i(x)$ と一致するとし、 $h_i = X(i+1) - X_i$ とすると、前記スプライン補間曲線は $P_i(x)$ として、 $P_i(x) = P' \cdot i(X_i) \cdot (X(i+1) - x)^3 / 6h_i + P' \cdot i(X(i+1)) \cdot (x - X_i)^3 / 6h_i + (Y(i+1)/h_i - h_i \cdot P' \cdot i(X(i+1))/6) \cdot (x - X_i) + (Y_i/h_i - h_i \cdot P' \cdot i(X_i)/6) \cdot (X(i+1) - x)$

より演算される請求項1のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項8】前記スプライン補間曲線を演算するステップは、3次以上の多項式に基づいて前記スプライン補間曲線を演算する請求項1の復調方法。

【請求項9】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するステップと、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪をウィナーフィルタに入力して前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するステップと、

前記データの第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項10】前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップは、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップと、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出するステップと、前記抽出するステップで抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記フェージング歪を検出するステップを含み、

前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するステップを含み、

前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するステップを含む請求項9のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項11】受信信号の複数の区間に挿入されたパイ

ロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するステップと、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力するステップと、

前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力するステップと、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータと前記2値信号を比較して隣接するデータのフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値をウィナーフィルタに入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するステップと、

前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項12】前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップは、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップと、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出するステップと、前記抽出するステップで抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪を検出するステップを含み、前記受信信号中のデータの前記第2段階の第1のフェー

ジング歪を推定するステップは、前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するステップを含み、

前記受信信号中のデータの前記第2段階の第2のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するステップを含む請求項11のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項13】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、

前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項14】前記検出手段は、前記受信信号として受信された所定のシンボル数のバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較する構成の請求項13のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項15】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSKで位相変調され、TDM A方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項14のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項16】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSKで位相変調され、CDMA方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項14のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項17】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてQPSKで位相変調され、TDM A方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項14のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項18】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてQPSKで位相変調され、CDMA方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを

比較する構成の請求項14のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項19】前記スプライン補間推定手段は前記複数の区間のユニークワードのシンボル番号を X_i ($i = 1, 2, 3, \dots$)とし、これに対応する関数値を $Y_i = F(X_i)$ とし、前記複数のユニークワードを通る近似関数を $f(x)$ とし、 $f(x)$ が連続する1階微分および2階微分をもち、 $f(x) = F(X_i)$ を満足するものとし、隣接する2点を端点とする区間 $I_i = \{X_i, X_{i+1}\}$ で3次の多項式 $P_i(x)$ と一致するとし、 $h_i = X_{i+1} - X_i$ とすると、前記スプライン補間曲線は $P_i(x)$ として、

$$P_i(x) = P''_i(X_i) \cdot (X_{i+1} - x)^3 / 6h_i + P''_i(X_{i+1}) \cdot (x - X_i)^3 / 6h_i + (Y_{i+1} / h_i - h_i \cdot P''_i(X_{i+1}) / 6) \cdot (x - X_i) + (Y_i / h_i - h_i \cdot P''_i(X_i) / 6) \cdot (X_{i+1} - x)$$

に基づいて演算する構成の請求項13のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項20】前記スプライン補間推定手段は、3次以上の多項式に基づいて前記スプライン補間曲線を演算する構成の請求項13のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項21】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を入力して前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、

前記データの第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項22】前記検出手段は、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信する受信部と、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出する抽出部と、前記抽出部で抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記フェージング歪を検出する検出部を含み、

前記スプライン補間推定手段は、前記バースト信号の両

端部のデータのフェージング歪を前記第1のフェージング歪として推定する構成を有し、

前記ウィナーフィルタ手段は、前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を前記第2のフェージング歪として推定する構成を有する請求項21のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項23】前記ウィナーフィルタ手段は、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を入力順序に応じた回数だけ遅延させる直列配置の複数の遅延回路と、前記複数の遅延回路のそれぞれの入力リードから分岐された分岐リードに配置され、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に所定のタップ係数を乗算する複数の乗算器と、前記複数の乗算器の乗算結果を加算して前記受信信号中のデータのフェージング歪の推定量を出力する加算器を含む請求項21のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項24】前記複数の乗算器は、前記所定のシンボル数のバースト信号において k 番目のシンボルと i 番目のシンボルの位置の差 $(k-i)$ をこの k 番目のシンボルと i 番目のシンボルの間の距離と定義するとき、前記複数の区間のユニークワード中の対応するユニークワードとフェージング歪を推定される前記受信信号中の対象データとの距離に応じた関数値を有した関数を設定し、前記距離によって定まる前記関数値を前記所定のタップ係数とする構成の請求項23のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項25】前記複数の乗算器は、前記関数として $\sin(x)/x$ (x は、前記関数の最大の関数値を前記対象データの位置に合わせてその位置を原点としたとき、原点からの距離)を設定する構成の請求項24のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項26】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1の検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力する第1の復調手段と、

前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する判定手段と、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出し、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータと前記2値信号を比較して隣接するデータのフェージング歪を検出し、前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値を前記複数の区間毎に出力する第2の検出手段と、

前記複数の区間の前記平均値に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第2のスプライン補間推定手段と、

前記複数の区間の前記平均値を入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、

前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。。

【請求項27】前記第1の検出手段は、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信する受信部と、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出する抽出部と、前記抽出部で抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪を検出する検出部を含み、

前記第2のスプライン補間推定手段は、前記第2段階の第1のフェージング歪として前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間係数計算器を含み、

前記ウィナーフィルタ手段は、前記第2段階の第2のフェージング歪として前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するウィナーフィルタを含む請求項26のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はパイロット信号を含む受信信号の復調方法及びその装置に関し、特に、伝送路上で高速フェージングが生じる移動体衛星通信においてパイロット信号としてのユニークワードに基づいてビット誤り率(BER: Bit Error Rate)を低く抑えながら受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図10は、移動体衛星通信の移動体端末を示す。この移動体端末は、例えば、携帯型の電話機などであり、衛星を介してパイロット信号を複数の区間に有する送信信号を受信するアンテナ81と、受信信号をアナログ信号からデジタル信号に変換する信号変換部8

2と、変換されたデジタル信号を復調する復調回路10と、復調信号をデジタル信号からアナログ音声信号に変換する音声信号化部83と、音声信号を出力するスピーカ84とを備えている。

【0003】図10において、アンテナ81で受信されたパイロット信号を含む受信信号は、信号変換部82でデジタル信号に変換される。変換されたデジタル信号は、復調回路で復調され、音声信号化部83でアナログ音声信号に変換される。音声信号化部83で変換されたアナログ音声信号は、音声としてスピーカ84から出力される。

【0004】以上の衛星通信システムにおいて、所要電力の低減あるいはアンテナの小型化を図るため、また、低い信号対雑音電力比(C/N)の条件下でも、低いBERを保つために、符号化利得の大きい誤り訂正符号、あるいは高能率符号化技術が用いられている。

【0005】図11は、図10の復調回路10として使用される連続波の復調装置を示し、『Meyr著、「Digital Communication Receiver」、John Wiley & Sons、p.744~747、1997年』に記述されているものであり、周波数特性をもつ周波数選択性フェージングと周波数特性をもたないフラットフェージングを含むマルチパスフェージングの中でフラットフェージングに基づく受信信号の歪(以下、単に「フェージング歪」という)を補償して受信信号を復調する。

【0006】図11において、所定の間隔で挿入されたパイロット信号としてのユニークワードを有する連続波の受信信号を入力端子INに入力すると、受信信号は遅延回路91とユニークワード復調部93に供給される。受信信号中のユニークワードはユニークワード復調部93で復調されてウィナーフィルタで構成されたデータ歪推定部94に入力する。データ歪推定部94はユニークワードの既知の値(例えば、+1を位相変調した0と、-1を位相変調した π)と復調されたユニークワードの値から算出されたユニークワードのフェージング歪に基づいて受信信号中のデータのフェージング歪を推定し、これをデータ復調部92に出力する。データ復調部92は遅延回路91によって所定の時間だけ遅延されたデータをフェージング歪の推定量によって補償しながらデータを復調し、復調信号を出力端子OUTから出力する。このようにして連続波で送信されたデータのフェージング歪を補償してデータを復調することができる。

【0007】図12は、図10の復調回路10として使用される他の復調装置を示し、『三瓶政一著、「陸上移動通信用16QAMのフェージングひずみ補償方式」、電子情報通信学会論文誌B-II、VOL.J72-B-II、No.1、7~15ページ、1989年』に記述されているものであり、

(N-1)個の情報シンボル毎に1個のユニークワードシンボルを挿入した連続波の受信信号のフェージング歪を補償して復調する。図10において、受信信号を入力

端子INに入力すると、フェージング歪推定部111、112、113は順次遅延させられた受信信号中の(k-1)番目、k番目、および(k+1)番目のユニークワードのフェージング歪の推定値 $c(k-1)$ 、 $c(k)$ 、および $c(k+1)$ を算出する。これらの推定値は乗算部114、115、116で0次あるいは1次の内挿係数 Q_1 、 Q_0 、 Q_{-1} と乗算され、加算部117で加算される。加算部117は加算結果として $c\{k+(m/N)\}$ をk番目の情報シンボル列中のm番目の情報シンボルのフェージング歪として出力する。この情報シンボルのフェージング歪は逆数部118で $1/c\{k+(m/N)\}$ とされ、乗算部120に出力される。乗算部120は遅延回路119によって遅延させられた受信信号中の情報シンボルに逆数部118から出力された $1/c\{k+(m/N)\}$ を乗算して情報を復調し、出力端子OUTから出力させる。このようにしてフェージング歪によって歪んだ受信信号の包絡線および位相を補償しながら受信信号を復調する。

【0008】
【発明が解決しようとする課題】しかし、図11の復調装置によると、連続するデータに所定の間隔でユニークワードが挿入された連続波に対しては、所定のBERで受信信号を復調することができるが、例えば、100～150シンボルのデータ列の数個所にユニークワードを挿入したフレームフォーマットのバースト信号を受信するときは、両端に位置するデータ列のフェージング歪は片側のユニークワードのフェージング歪によってフェージング歪が推定されるため、ユニークワードの反対側に位置するデータのフェージング歪の推定精度が低下することから高速フェージングや低C/N比の条件下では所定のBER（例えば、ライスフェージングの強度が0dBでドップラー周波数が0.01%のとき、理論値からの劣化が0.5dBに相当するBER）を得ることができない。このため、ウィナーフィルタをそれよりも高い推定精度を有するカルマンフィルタやMAP推定に代えると、多くの演算量を要するマトリクス的な手法になるため、演算量が増大する。

【0009】また、図12の復調装置によると、0次の内挿係数を使用すると、1つのユニークワードの値を対応する(N-1)の情報シンボルにわたって保持し、また、1次の内挿係数を使用すると、隣接するユニークワードの間を直線で結ぶことにより情報シンボルのフェージング歪を推定するため、高速フェージングや低C/N比の条件下では所定のBERを得ることができない。

【0010】従って、本発明の目的は、演算量の増大を抑えながら、伝送路上で高速フェージングが生じた場合でもフェージング歪を高精度で推定でき、低いBERが獲得できるパイロット信号を含む受信信号の復調方法及びその装置を提供することである。

【0011】本発明の他の目的はバースト信号の受信に

おいて高速フェージングを補償して低いBERを得ることができるパイロット信号を含む受信信号の復調方法及びその装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算するステップと、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0013】また、本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算するステップと、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪をウィナーフィルタに入力して前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するステップと、前記データの第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0014】また、本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算するステップと、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段

階のフェージング歪を推定するステップと、前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力するステップと、前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号あるいは4値信号を出力するステップと、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータと前記2値信号あるいは4値信号を比較して隣接するデータのフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値をウィナーフィルタに入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するステップと、前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【0015】また、本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0016】また、本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1のフェ

ージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を入力して前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、前記データの第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0017】また、本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1の検出手段と、前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力する第1復調手段と、前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号あるいは4値信号を出力する判定手段と、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出し、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータと前記2値信号あるいは4値信号を比較して隣接するデータのフェージング歪を検出し、前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値を前記復調する区間毎に出力する第2の検出手段と、前記複数の区間の前記平均値に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第2のスプライン補間推定手段と、前記複数の区間の前記平均値を入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【0018】以上のパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置において、複数の区間にパイロット信号としてのユニークワードを挿入されて送信されてきた送信信号、例えば、バースト信号を受信すると、A/D変換後、受信信号中のユニークワードと既知のユニークワードを比較して複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する。このユニークワードのフェ

ジング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、このスプライン補間曲線から受信信号中のデータのフェージング歪が推定される。この推定量に基づいて受信信号が復調される。復調された受信信号は、例えば、0のしきい値と比較され、1および-1の2値に仮硬判定される。復調前の受信信号のユニークワードは、再度、既知のユニークワードと比較されてユニークワードのフェージング歪が検出される。同時に、このユニークワードに隣接するデータが仮硬判定によって得られた2値と比較されてフェージング歪が検出される。このようにして検出されたユニークワードのフェージング歪と隣接するデータのフェージング歪の平均値を複数の区間毎に算出することにより得られたフェージング歪を複数の区間の拡張されたユニークワードのフェージング歪とする。この拡張されたユニークワードのフェージング歪はウィナーフィルタ手段とスプライン補間係数計算手段へ入力される。ウィナーフィルタ手段では、複数の区間のユニークワードのフェージング歪に、ユニークワードとデータとの相対位置に応じたタップ係数が乗算され、乗算結果が加算されてそのデータのフェージング歪が推定される。一方、スプライン補間係数計算手段では、複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線が演算され、このスプライン補間曲線からデータのフェージング歪が推定される。受信信号の復調において、例えば、バースト信号の両端部はスプライン補間係数計算手段のフェージング歪の推定に基づいて復調され、バースト信号の中央部はウィナーフィルタ手段のフェージング歪の推定量に基づいて復調される。これは、ウィナーフィルタ手段は中央部の推定精度が高く、スプライン補間推定手段は両端部の推定精度が高いという発明者の後述する確認結果に基づいている。言うまでもなく、本発明はこれに限定されるものではない。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明のパイロット信号を含む受信信号の復調方法及びその装置を詳細に説明する。

【0020】図1は本発明のパイロット信号を含む受信信号の復調装置の実施の一形態を示す。この装置は、例えば、本発明をバースト信号を送受信する移動体衛星通信の移動体端末に適用したものであり、受信信号である後述するバースト信号のユニークワードと既知のユニークワードを比較してスプライン補間推定用のユニークワードのフェージング歪を出力するスプライン補間推定器1と、スプライン補間推定器1からのユニークワードのフェージング歪によって受信信号を復調する復調器8と、復調器8によって復調された受信信号中のデータを仮硬判定して1と-1を出力する仮硬判定器2と、仮硬判定器2からの1および-1によって受信信号中のデータのフェージング歪を検出し、既知のユニークワードによって受信信号中のユニークワードのフェージング歪を

検出し、両方のフェージング歪から拡張されたユニークワードのフェージング歪を算出する逆変調器7と、逆変調器7からの拡張されたユニークワードのフェージング歪に基づいて中央部のデータのフェージング歪を推定するウィナーフィルタ3と、逆変調器7からの拡張されたユニークワードのフェージング歪に基づいて両端部のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間係数計算器4と、ウィナーフィルタ3及びスプライン補間係数計算器4からのデータのフェージング歪を合成する信号合成器(MUX)5と、信号合成器5からのデータのフェージング歪によって受信信号を復調する復調器9と、復調された受信信号の符号化データを復号するとき、誤差を最小にするためにフェージング歪の時間変動成分を除去する重み付け器6とを備えている。また、スプライン補間推定器1、仮硬判定器2、およびウィナーフィルタ3とスプライン補間係数計算器4に、それぞれ並列に、遅延回路11、12、および13が配置されている。

【0021】図2はバースト型の送受信信号のフォーマットを示し、例えば、100~150のシンボルで構成され、データD1~D5の4個所にパイロット信号としてのユニークワードUWm(m=1~4)が挿入されている。各ユニークワードUWmは目標とするBERに応じて単数あるいは複数のシンボルを有し、各シンボルの位相変調の値は移動体端末において既知である。このフォーマットの信号はTDMA(Time Division Multiple Access)で送受信され、例えば、1および-1の2値データに応じて搬送波を0および π の位相で位相変調(BPSK: Binary Phase Shift Keying)することによって各シンボルが決められている。

【0022】図3は逆変調器7でフェージング歪を検出される拡張されたユニークワードUWm'を示す。図2で示したユニークワードUW1~UW4に隣接するデータD1~D5中の数シンボルのデータがD1'~D5'、及びD2''~D4''として示されており、遅延回路11、12を介して逆変調器7に入力したこれらのデータD1'~D5'、及びD2''~D4''が仮硬判定器2から出力される対応するデータの値(1あるいは-1)と比較されることによってフェージング歪を検出される。ユニークワードUW1~UW4は、同じように、逆変調器7で既知のユニークワードと比較されることによりフェージング歪を検出される。このようにして検出されたユニークワードUW1~UW4のフェージング歪と隣接するデータD1'~D5'、及びD2''~D4''のフェージング歪は、4つの区間でそれぞれ平均され、その平均値が拡張されたユニークワードUW1'~UW4'のフェージング歪としてウィナーフィルタ3およびスプライン補間係数計算器4へ出力される。

【0023】図4はスプライン補間推定器1、遅延回路11及び復調器8を示す。スプライン補間推定器1は、

実数部Iと虚数部Qを有する受信信号に関して逆変調を施し、既知のユニークワードの値との比較によりユニークワードUWmのフェージング歪を検出する逆変調器21と、逆変調器21からのユニークワードUWmのフェージング歪に基づいてデータD1～D5のフェージング歪を推定するスプライン補間係数計算器22とを備える。ここで、復調器8は、スプライン補間係数計算器22からのフェージング歪の推定量信号によって受信信号中のデータD1～D5を復調する。

【0024】図5はウィーナーフィルタ3を示し、(m-1)個の遅延回路41と、m個の乗算器42と、乗算器42の乗算結果を加算する加算器43を有する。ここで、mは図2に示したユニークワードUW1～UW4のm=4に相当し、ユニークワードUWmが挿入される複数の区間数を表す。このウィーナーフィルタ3では、逆変調器7によって検出された拡張されたユニークワードUWm'のフェージング歪が順々に遅延回路41によって遅延された後、複数の区間の拡張されたユニークワードUWm'のフェージング歪が同時に乗算器42に入力され、個々のタップ係数 α_1 、 α_2 、 \dots 、 α_m が乗算される。タップ係数 α_1 、 α_2 、 \dots 、 α_m の算出方法は図7により後述する。

【0025】復調動作において、受信信号の実数部Iおよび虚数部Qは別々に復調される。図1において、受信信号中のデータD1～D5は遅延回路11で遅延させられた後、スプライン補間推定器1のスプライン補間係数計算器22より出力されるデータD1～D5のフェージング歪の推定量により復調器8で復調された。復調されたデータD1～D5は仮硬判定器2に入力される。仮硬判定器2は「0」のしきい値と復調されたデータD1～D5を比較して1と-1とに判別し、判別結果を逆変調器7に入力する。逆変調器7は遅延回路12からの受信信号中のD1'～D5'、およびD2''～D4''と仮硬判定器2の対応する出力信号1あるいは-1を比較し、かつ、ユニークワードUW1～UW4と既知のユニークワードの値を比較してそれぞれのフェージング歪を検出し、かつ、前述した平均値を算出することにより拡張されたユニークワードUWm'のフェージング歪を検出し、ウィーナーフィルタ3及びスプライン補間係数計算器4に入力する。スプライン補間係数計算器4はバースト信号の両端部のデータ(図2のD1、D5)のフェージング歪を出力し、ウィーナーフィルタ3はバースト信号の中央部のデータ(図2のD2～D4)のフェージング歪を出力する。MUX5は、ウィーナーフィルタ3及びスプライン補間係数計算器4からの出力信号を合成し、合成された信号は復調器9に出力される。

【0026】前述したように、スプライン補間推定器1において、各ユニークワードUWmを逆変調器21で逆変調した後、スプライン補間係数計算器22で逆変調器21からのユニークワードUWmのフェージング歪をも

とにデータD1～D5のフェージング歪の推定量を計算して、その結果を復調器8に出力する。

【0027】図6および図7は、スプライン補間係数計算器22において、スプライン補間曲線を算出するプロセスを示す。まず、図6に示すように、各ユニークワードUW1～UW4のシンボル番号をX1～X4とおき、逆変調器21で検出された各ユニークワードUWmのフェージング歪に基づく各Xi(i=1、2、3、4)に対応する関数値をYi=F(Xi)とする。各UWmは、複数のシンボルを有するときは、各ユニークワードにおいて、複数のシンボルを平均することで1点とみなすことができる。この4点を通る近似関数をf(x)とする。これがこの区間で連続な1階微分(数式上では「'」で示す)及び2階微分(数式上では「''」で示す)を持ち、後述するように、f(x)=F(Xi)を満足するようにする。関数値F(Xi)は、実数部がReとして示され、虚数部がImとして示されている。

【0028】ここで、f(x)が、例えば、2つの隣接点を端点とする区間Ii={Xi、X(i+1)}で、例えば、3次の多項式Pi(x)と一致するとし、hi=X(i+1)-Xiとすると、スプライン補間関数Pi(x)は、

$$\begin{aligned} \text{【数1】 } P_i(x) = & P'''_i(x) \cdot (X(i+1) - x)^3 / 6h_i + P''_i(X(i+1)) \cdot (x - X_i)^3 / 6h_i + (Y(i+1)/h_i - h_i \cdot P'_i(X(i+1))/6) \cdot (x - X_i) + (Y_i/h_i - h_i \cdot P'_i(X_i)/6) \cdot (X(i+1) - x) \end{aligned}$$

と表すことができる。ここで、「3」は3乗である。このスプライン補間関数Pi(x)は、例えば、1985年に日本電気株式会社によって発行された「ACOSソフトウェア数値計算ライブラリ説明書(第7版)」のP-78に説明されている。前述したように、f(x)=F(Xi)を満足させるために、例えば、図6の実数部Reの点X2の両側の3次の多項式を、f(x)=a1x3+b1x2+c1x+d1、およびf(x)=a2x3+b2x2+c2x+d2と仮定し、前述したACOSソフトウェアに基づき、両方のf(x)の2階微分の値が等しくなるように各係数a1、b1、c1、d1、a2、b2、c2、d2を算出して各区間Ii毎のf(x)を決定する。勿論、スプライン補間関数は3次の多項式に限定されず、4次以上であっても良く、高次になればなるほど推定精度が向上する。

【0029】図7は図6の実数部Reと虚数部Imの2つの近似関係f(x)からスプライン補間関数Pi(x)を算出して示す。各ユニークワードUWmのフェージング歪をプロットした点X1～X4を通るスプライン補間曲線C1～C5によって対応するデータD1～D5のフェージング歪を推定する。スプライン補間係数計算器4においても、スプライン補間係数計算器21と同

じようにしてデータのフェージング歪の推定が行われる。

【0030】一方、図5に示したように、ウィーナーフィルタ3は、トランスバーサル型のフィルタである。ここで、フェージング歪のドップラー周波数を λ とすると、 k 番目のシンボルに対する i 番目の乗算器42のタップ係数 α_i は、

【数2】

$$\alpha_i = \sin(x)/x, \quad x = 2\pi\lambda(i-k)$$

となる。

【0031】図8は $\sin(x)/x$ の曲線Fに基づいてデータD2のシンボルSに対するウィーナーフィルタ3のタップ係数 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ を算出するプロセスを示す。ここで、横軸 x はタップ係数を求めるシンボルSの位置を0としたとき、この位置からのシンボル数にに応じた距離を表す。曲線Fの最大値を0の位置に一致させ、各ユニークワードUWmの x 軸上の位置に対応する曲線Fの値がタップ係数となり、ウィーナーフィルタ3の乗算器42へ与えられる。

【0032】前述したように、逆変調器7は拡張されたユニークワードUWm'のフェージング歪を検出してウィーナーフィルタ3とスプライン補間係数計算器4へ出力する。スプライン補間係数計算器4はデータD1、及びD5のフェージング歪を検出して復調器9へ、また、ウィーナーフィルタ3はデータD2、D3、及びD5のフェージング歪を検出して復調器9へ出力する。

【0033】復調器9はスプライン補間係数計算器4から入力したデータD1、D5のフェージング歪と、ウィーナーフィルタ3から入力したデータD2、D3、D4のフェージング歪に基づいて受信信号を復調し、復調信号を重み付け器6へ出力する。

【0034】重み付け器6はビダビのアルゴリズムに基づいて符号化データを1、あるいは-1の復号データに復号する復号器(図示せず)の前段に位置する。この重み付け器6では、 k 番目のシンボルに対するフェージング歪の推定量を $c(k)$ としたとき、復調信号を $|c(k)|$ 倍することによりフェージング歪の時間変動成分を除去する。これによって、符号化データを復号するときの誤差を最小にする。

【0035】以上説明したデータのフェージング歪の推定を更に詳細に説明する。ここで、 k 番目のシンボルに対して受信信号を $r(k)$ とし、送信信号を $s(k)$ とすると、受信信号 $r(k)$ は、フェージング歪 $f(k)$ 、ノイズ成分 $n(k)$ を用いて、

【数3】 $r(k) = f(k) \cdot s(k) + n(k)$ と表される。

【0036】まず、各ユニークワードUWmに関しては $s(k)$ が受信側で既知なので、逆変調器21で逆変調することにより変調成分を除去された受信信号 $r(k)$ と送信信号 $s(k)$ の比よりユニークワードUWmのフ

ージング歪が算出される。即ち、 $r(k)/s(k) = f(k) + n(k)/s(k)$ が算出される。このとき、フェージング歪 $r(k)/s(k)$ に $n(k)/s(k)$ が誤差として含まれるが、各ユニークワードUWmが複数のシンボルを有するときは、その誤差を複数のシンボル間で平均すると、ノイズは平均値が0のガウス分布に従うため、その影響が圧縮され、検出精度の低下を抑える。ユニークワードUWmが複数のシンボルを有するときはその平均値が算出されてスプライン補間係数計算器22に出力される。スプライン補間係数計算器22は、図6、図7に示したように、ユニークワードUWmのフェージング歪に基づいてデータD1～D5のフェージング歪推定量 $c1(k)$ を計算して復調器8に出力する。もう1つの出力 $\theta_1(k)$ は $\text{Arctan}\{ \text{Im}(c1(k))/\text{Re}(c1(k)) \}$ となる。復調器8では、受信信号 $r(k)$ をフェージング歪推定量 $c1(k)$ で除算して仮硬判定器2への入力 $a(k)$ を算出する。

【数4】

$$a(k) = r(k)/c1(k) = f(k) \cdot s(k)/c1(k) + n(k)/c1(k)$$

が求められる。

【0037】仮硬判定器2からの出力 $a'(k)$ は、しきい値0との比較により、1あるいは-1となる。

【数5】 $a'(k) = [1: \text{Re}\{a(k)\} > 0, -1: \text{Re}\{a(k)\} < 0]$ となる。

【0038】一方、ウィーナーフィルタ3において、バースト信号の中央部(図2のD2～D4)に関しては、 k 番目のシンボルのフェージング歪の推定値 $c2(k)$ は、図8で示したタップ係数 α_i より、

【数6】 $c2(k) = \sum \alpha_i \cdot r(i)/a'(i)$ 、($i=1 \sim N$)と計算される。 N はバースト信号のシンボル数である。

【0039】よって、ウィーナーフィルタ3からの出力 $\theta_2(k)$ は、

【数7】 $\theta_2(k) = \text{Arctan}\{ \text{Im}(c2(k))/\text{Re}(c2(k)) \}$ となる。

【0040】次に、スプライン補間係数計算器4のフェージング歪の推定において、バースト信号の両端部(図2のD1、D5)に関して説明する。

【0041】図3において、本来のユニークワードUWmが両側のデータ部分のシンボルをユニークワードと見做すことによりユニークワードUWm'に拡張されている。本来のユニークワードUWmに関しては、 $r(k)/a(k)$ よりフェージング歪を算出し、拡張ユニークワードUWm'の残りの部分に関しては、 $r(k)/a'(k)$ よりフェージング歪を算出する。算出されたそれぞれの値を平均して拡張されたユニークワードUWm'を一点と見做して図6、図7のようにプロットし、

データD1、D5 のフェージング歪推定量 $c_2(k)$ を算出する。

【0042】従って、同様に出力値は、

$$\text{【数8】 } \theta_2(k) = \text{Arctan} \{ \text{Im}(c_2(k)) / \text{Re}(c_2(k)) \}$$

となる。

【0043】これらの結果より、受信データは、

$$\text{【数9】 } r(k) \cdot \exp \{-j\theta_2(k)\}$$

として復調器8で復調される。更に、重み付け器6によって出力信号は、

【数10】

$$r(k) \cdot |c(k)| \cdot \exp \{-j\theta_2(k)\}$$

となる。

【0044】図9は本発明者が確認したBER特性を示す。□印はデータD1、及びD5のフェージング歪をスプライン補間によって推定し、データD2、D3、およびD4のフェージング歪をウィナーフィルタによって推定した結果を示し、○印はスプライン補間だけでデータのフェージング歪を推定した結果を示し、×印はウィナーフィルタだけでデータのフェージング歪を推定した結果を示す。データの両端部をスプライン補間の推定量によって復調し、データの中央部をウィナーフィルタの推定量によって復調する方法が最も理論値に近づくことを示している。

【0045】以上説明したように、本発明の実施の形態では、衛星を介して受信した実数部Iおよび虚数部Qを有する受信信号（符号化データ）をアナログ値からデジタル値に変換し、受信信号に所定の間隔で挿入されているユニークワードUW_mを逆変調し、逆変調されたユニークワードUW_mと既知のユニークワードを比較してユニークワードUW_mのフェージング歪を算出し、ユニークワードUW_mのフェージング歪に基づいて演算されたスプライン補間曲線からデータのフェージング歪を推定し、データのフェージング歪に基づいて受信信号を復調し、復調信号を所定のしきい値に基づいて仮判定することにより2値化し、2値化された結果に基づいて受信信号を逆変調してユニークワードUW_mに隣接するデータのフェージング歪を検出する。ユニークワードUW_mのフェージング歪と隣接するデータのフェージング歪から拡張されたユニークワードUW_m'のフェージング歪を算出する。このようにして得られた拡張されたユニークワードUW_m'のフェージング歪は、ウィナーフィルタとスプライン補間係数計算器へ供給される。ウィナーフィルタでは、拡張されたユニークワードUW_m'のフェージング歪とタップ係数に基づいてデータのフェージング歪を推定し、一方、スプライン補間係数計算器では、拡張されたユニークワードUW_m'のフェージング歪に基づいて定まるスプライン補間曲線からデータのフェージング歪を推定する。受信信号は、例えば、BPSKで位相変調されたバースト信号であり、TDM

Aで通信される。バースト信号の中央部はウィナーフィルタで推定されたデータのフェージング歪によって復調され、バースト信号の両端部はスプライン補間係数計算器で推定されたデータのフェージング歪によって復調される。

【0046】以上の実施の形態において、位相変調は4値によって搬送波を変調するQPSKであっても良く、通信方式はCDMA(Code division Multiple Access)であっても良い。CDMAは固有の暗号化コードを有することによって複数の信号によって共通の周波数を使用するものであり、パイロット信号を間隔的に挿入する信号フォーマットにすることによって本発明の復調方法および装置が使用可能になる。また、送受信される信号はバースト型である必要はなく、連続波であっても良い。更に、ウィナーフィルタおよびスプライン補間推定器は、単独で使用されても良く、また、併用されるときでも、前述した中央部および両端部の役割分担に限定されることはない。

【0047】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明のパイロット信号を含む受信信号の復調方法およびその装置によると、ユニークワードのフェージング歪に基づいてデータのフェージング歪を推定するスプライン補間曲線を演算するようにしたため、演算量を増大しないで低BERを得ることができる。特に、スプライン補間推定器はバーストデータの両端部におけるフェージング歪の推定精度が高く、ウィナーフィルタはバーストデータの中央部におけるフェージング歪の推定精度が高いため、ウィナーフィルタとスプライン補間推定器を実施の形態のように組み合わせる使用することにより、高速フェージングおよび低C/Nの条件下においても、良質な移動体衛星通信を行うことができる。

【0048】また、ウィナーフィルタやスプライン補間推定器のような演算量の比較的少ない手段を組み合わせることで、マトリクス的な手法に求められる大規模な演算を行わずに所望の特性を得ることができる。更に、ユニークワードのフェージング歪と隣接するデータのフェージング歪から拡張されたユニークワードのフェージング歪を算出しているため、精度の高いデータのフェージング歪を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるパイロット信号を含む受信信号の復調装置の実施の一形態を示すブロック図である。

【図2】図1で示した本発明の装置によって復調される受信信号のフォーマットを示す説明図である。

【図3】拡張されたユニークワードを有するバースト信号のフォーマットを示す説明図である。

【図4】スプライン補間推定器、遅延回路及び復調器を示すブロック図である。

【図5】ウィナーフィルタを示す説明図である。

【図6】受信信号の各ユニークワードUWのフェージング歪のプロット点を通る実数部及び虚数部のスプライン補間曲線を示す説明図である。

【図7】受信信号の各ユニークワードUWのフェージング歪のプロット点を通るスプライン補間曲線を示す説明図である。

【図8】ウィーナーフィルタのタップ係数を算出する関数を示す説明図である。

【図9】本発明のBER特性を示すグラフである。

【図10】従来の移動体衛星通信の移動体端末を示す説明図である。

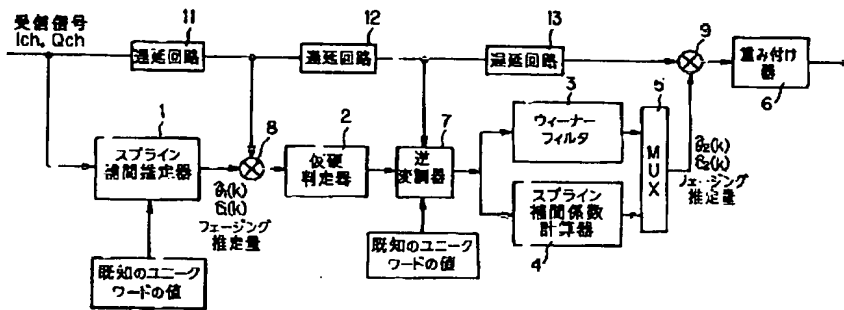
【図11】従来の復調装置を示す説明図である。

【図12】従来の他の復調装置を示す説明図である。

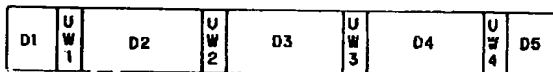
【符号の説明】

- 1 スプライン補間推定器
- 2 仮硬判定器
- 3 ウィーナーフィルタ
- 4、22 スプライン補間係数計算器
- 5 信号合成器
- 6 重み付け器
- 7、21 逆変調器
- 8、9 復調器
- 11、12、13、41 遅延回路
- 42 乗算器
- 81 アンテナ
- 82 信号変換部
- 83 音声信号化部
- 84 スピーカ

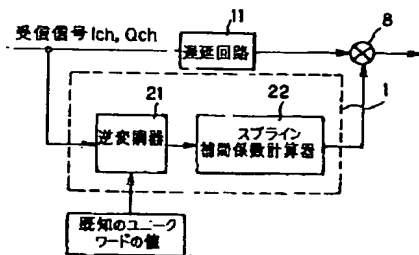
【図1】



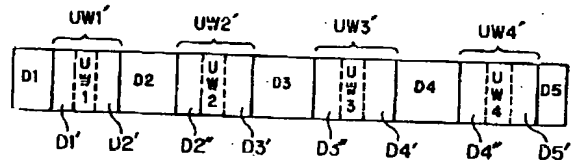
【図2】



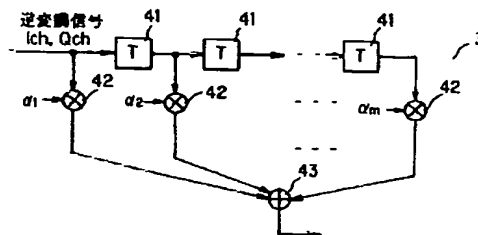
【図4】



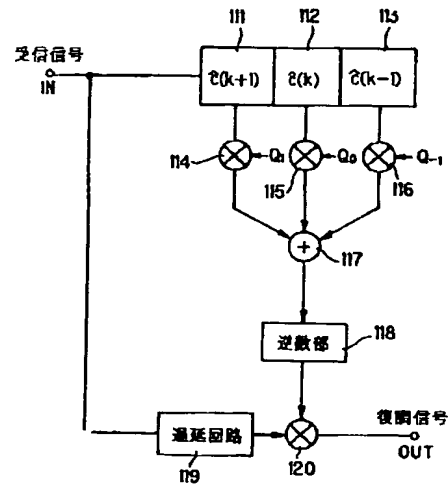
【図3】



【図5】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成10年11月9日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記データの一部を拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項2】前記拡張ユニークワードとして設定するステップは、前記パイロット信号としての前記ユニークワードに隣接するデータの一部を前記パイロット信号としての前記ユニークワードに付属させた拡張ユニークワードとして設定するステップを含む請求項第1項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項3】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検

出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算するステップと、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項4】前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップは、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップと、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出するステップと、前記抽出するステップで抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記フェージング歪を検出するステップを含む請求項3のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項5】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、BPSK (Binary Phase Shift Keying) で位相変調された前記所定のシンボル数のバースト信号をTDMA (Time Division Multiple Access) 方式で受信するステップを含む請求項4のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項6】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、BPSKで位相変調された前記所定

のシンボル数のバースト信号をCDMA (Code Division Multiple Access)方式で受信するステップを含む請求項4のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項7】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)で位相変調されたバースト信号をTDMA方式で受信するステップを含む請求項4のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項8】前記所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップは、QPSKで位相変調されたバースト信号をCDMA方式で受信するステップを含む請求項4のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項9】前記スプライン補間曲線を演算するステップは、前記複数の区間のユニークワードのシンボル番号を X_i ($i=1, 2, 3, \dots$)とし、これに対応する関数値を $Y_i = F(X_i)$ とし、前記複数のユニークワードを通る近似関数を $f(x)$ とし、 $f(x)$ が連続する1階微分および2階微分を持ち、 $f(x) = F(X_i)$ を満足するものとし、隣接する2点を端点とする区間 $I_i = \{X_i, X(i+1)\}$ で3次の多項式 $P_i(x)$ と一致するとし、 $h_i = X(i+1) - X_i$ とすると、前記スプライン補間曲線は $P_i(x)$ として、
$$P_i(x) = P''_i(X_i) \cdot (X(i+1) - x)^3 / 6h_i + P''_i(X(i+1)) \cdot (x - X_i)^3 / 6h_i + (Y(i+1)/h_i - h_i \cdot P''_i(X(i+1))/6) \cdot (x - X_i) + (Y_i/h_i - h_i \cdot P''_i(X_i)/6) \cdot (X(i+1) - x)$$
より演算される請求項3のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項10】前記スプライン補間曲線を演算するステップは、3次以上の多項式に基づいて前記スプライン補間曲線を演算する請求項3の復調方法。

【請求項11】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するステップと、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪をウィナーフィルタに入力して前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するステップと、

前記データの第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含

むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項12】前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップは、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップと、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出するステップと、前記抽出するステップで抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記フェージング歪を検出するステップを含み、

前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するステップを含み、

前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するステップを含む請求項11のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項13】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するステップと、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力するステップと、

前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力するステップと、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータと前記2値信号を比較して隣接するデータのフェージング歪を検出するステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算するステップと、

前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する

ステップと、

前記複数の区間のユニークワードの前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値をウィナーフィルタに入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定するステップと、

前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項14】前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出するステップは、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信するステップと、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出するステップと、前記抽出するステップで抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪を検出するステップを含み、前記受信信号中のデータの前記第2段階の第1のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するステップを含み、

前記受信信号中のデータの前記第2段階の第2のフェージング歪を推定するステップは、前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するステップを含む請求項13のパイロット信号を含む受信信号の復調方法。

【請求項15】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記データの一部に設定された拡張ユニークワードのフェージング歪みを第2のフェージング歪として検出する検出手段と、

前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項16】前記検出手段は、前記第2のフェージング歪を前記ユニークワードに隣接するデータのフェージング歪に基づいて検出する構成であることを特徴とする請求項第15項記載のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項17】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニーク

ワードのフェージング歪を検出する検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、

前記データの前記フェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項18】前記検出手段は、前記受信信号として受信された所定のシンボル数のバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較する構成の請求項17のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項19】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSKで位相変調され、TDM A方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項18のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項20】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてBPSKで位相変調され、CDM A方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項18のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項21】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてQPSKで位相変調され、TDM A方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項18のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項22】前記検出手段は、前記所定のシンボル数のバースト信号としてQPSKで位相変調され、CDM A方式で受信されたバースト信号に挿入された前記複数の区間のユニークワードと前記既知のユニークワードを比較する構成の請求項18のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項23】前記スプライン補間推定手段は前記複数の区間のユニークワードのシンボル番号を X_i ($i = 1, 2, 3, \dots$)とし、これに対応する関数値を $Y_i = F(X_i)$ とし、前記複数のユニークワードを通る近似関数を $f(x)$ とし、 $f(x)$ が連続する1階微分および2階微分をもち、 $f(x) = F(X_i)$ を満足するものとし、隣接する2点を端点とする区間 $I_i = \{X_i, X(i+1)\}$ で3次の多項式 $P_i(x)$ と一致するとし、 $h_i = X(i+1) - X_i$ とすると、前記スプライン補間曲線は $P_i(x)$ として、

$$P_i(x) = P''_i(X_i) \cdot (X(i+1) - x)^3 / 6h_i + P''_i(X(i+1)) \cdot (x - X_i)^3 / 6h_i + (Y(i+1) / h_i - h_i \cdot$$

$$P' = i(X(i+1))/6 \cdot (x - X_i) + (Y_i/h_i - h_i \cdot P' = i(X_i)/6) \cdot (X(i+1) - x)$$

に基づいて演算する構成の請求項13のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項24】前記スプライン補間推定手段は、3次以上の多項式に基づいて前記スプライン補間曲線を演算する構成の請求項17のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項25】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、
前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、
前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1のフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、
前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を入力して前記受信信号中のデータの第2のフェージング歪を推定するウィナーフィルタ手段と、
前記データの第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項26】前記検出手段は、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信する受信部と、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出する抽出部と、前記抽出部で抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記フェージング歪を検出する検出部を含み、

前記スプライン補間推定手段は、前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を前記第1のフェージング歪として推定する構成を有し、

前記ウィナーフィルタ手段は、前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を前記第2のフェージング歪として推定する構成を有する請求項25のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項27】前記ウィナーフィルタ手段は、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を入力順序に応じた回数だけ遅延させる直列配置の複数の遅延回路と、前記複数の遅延回路のそれぞれの入力リードから分岐された分岐リードに配置され、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に所定のタップ係数を乗算する複数の乗算器と、前記複数の乗算器の乗算結果を加算して前記受信信号中のデータのフェージング歪の推定量を出力する加算器を含む請求項25のパイロット信号

を含む受信信号の復調装置。

【請求項28】前記複数の乗算器は、前記所定のシンボル数のバースト信号においてk番目のシンボルとi番目のシンボルの位置の差(k-i)をこのk番目のシンボルとi番目のシンボルの間の距離と定義するとき、前記複数の区間のユニークワード中の対応するユニークワードとフェージング歪を推定される前記受信信号中の対象データとの距離に応じた関数値を有した関数を設定し、前記距離によって定まる前記関数値を前記所定のタップ係数とする構成の請求項27のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項29】前記複数の乗算器は、前記関数として $\sin(x)/x$ (xは、前記関数の最大の関数値を前記対象データの位置に合わせてその位置を原点としたとき、原点からの距離)を設定する構成の請求項28のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項30】受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第1段階のフェージング歪を検出する第1の検出手段と、

前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪に基づいて第1段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第1段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第1段階のフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、

前記受信信号中のデータの前記第1段階のフェージング歪に基づいて前記受信信号を復調して復調信号を出力する第1の復調手段と、

前記復調信号と所定のしきい値を比較して2値信号を出力する判定手段と、

前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードの第2段階のフェージング歪を検出し、前記複数の区間のユニークワードに隣接するデータと前記2値信号を比較して隣接するデータのフェージング歪を検出し、前記第2段階のフェージング歪と前記隣接するデータのフェージング歪の平均値を前記複数の区間毎に出力する第2の検出手段と、

前記複数の区間の前記平均値に基づいて第2段階のスプライン補間曲線を演算し、前記第2段階のスプライン補間曲線から前記受信信号中のデータの第2段階の第1のフェージング歪を推定する第2のスプライン補間推定手段と、

前記複数の区間の前記平均値を入力して前記受信信号中のデータの第2段階の第2のフェージング歪を推定する

ウィーナーフィルタ手段と、
前記データの前記第2段階の第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する第2の復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【請求項31】前記第1の検出手段は、前記受信信号として所定のシンボル数のバースト信号を受信する受信部と、前記バースト信号の前記複数の区間のユニークワードを抽出する抽出部と、前記抽出部で抽出された前記複数の区間のユニークワードの前記第1段階のフェージング歪を検出する検出部を含み、

前記第2のスプライン補間推定手段は、前記第2段階の第1のフェージング歪として前記バースト信号の両端部のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間係数計算器を含み、

前記ウィーナーフィルタ手段は、前記第2段階の第2のフェージング歪として前記バースト信号の前記両端部を除いた中央部のデータのフェージング歪を推定するウィーナーフィルタを含む請求項30のパイロット信号を含む受信信号の復調装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記データの一部を拡張ユニークワードとして設定するステップと、前記パイロット信号としての前記ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出するステップと、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記データのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。本発明は、上記の目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調方法において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出するステップと、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間

曲線を演算するステップと、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するステップと、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調するステップを含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調方法を提供する。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号において、ユニークワードのフェージング歪を第1のフェージング歪として検出し、前記データの一部に設定された拡張ユニークワードのフェージング歪を第2のフェージング歪として検出する検出手段と、前記第1および第2のフェージング歪に基づいて前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定する演算手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含むことを特徴とする受信信号の復調装置を提供する。また、本発明は、上記目的を実現するため、受信信号の複数の区間に挿入されたパイロット信号としてのユニークワードのフェージング歪を検出することによりデータのフェージング歪を推定して前記受信信号を復調するパイロット信号を含む受信信号の復調装置において、前記受信信号の前記複数の区間のユニークワードと既知のユニークワードを比較して前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪を検出する検出手段と、前記複数の区間のユニークワードのフェージング歪に基づいてスプライン補間曲線を演算し、前記スプライン補間曲線から前記受信信号中のデータのフェージング歪を推定するスプライン補間推定手段と、前記データのフェージング歪に基づいて前記受信信号中の前記データを復調する復調手段を含むことを特徴とするパイロット信号を含む受信信号の復調装置を提供する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】また、ウィーナーフィルタやスプライン補間推定器のような演算量の比較的小さい手段を組み合わせることで、マトリクス的な手法に求められる大規模な演算を行わずに所望の特性を得ることができる。更に、ユニークワードのフェージング歪と隣接するデータのフ

フェージング歪から拡張されたユニークワードのフェージング歪を算出しているの、精度の高いデータのフェージング歪を推定することができる。

フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 L 7/10

H 0 4 B 7/26

C

25/08

H 0 4 J 13/00

A